

Der Einfluss der Restlaufzeit bei der Bewertung von Schweizerfranken-Optionsscheinen

1. Einführung

Optionsanleihen sind in jüngster Zeit auch in der Schweiz zu einem beliebten Finanzierungsinstrument geworden (GABRIEL, 1986). Es handelt sich dabei um eine kombinierte Emission einer Anleihe und eines Warrants bzw. eines Optionsscheines, meistens auf ein Beteiligungspapier der emittierenden Unternehmung lautend. Am Sekundärmarkt werden die Anleihen und die Warrants auch separat gehandelt. Bei der ersten Komponente spricht man von der *Anleihe ex* (Optionsschein) und bei der zweiten Komponente vom *Optionsschein* oder in der angelsächsischen Terminologie von einem *Warrant*.

Warrants unterscheiden sich von normalen (Call-) Optionen¹, wie sie zum Beispiel am Chicago Board Options Exchange (CBOE) gehandelt werden, in zweierlei Hinsicht: Erstens werden bei Warrants im Gegensatz zu Optionen *Bezugsrechte* für neue Beteiligungspapiere geschaffen, und zweitens haben Warrants in der Regel *Laufzeiten von mehreren Jahren*, während Optionen im Maximum eine Ausübungsfrist von neun Monaten aufweisen. Die neuen, auf Namenpapiere lautenden Optionen, die in der Schweiz Ende 1986 an der Börse kotiert wurden, sind keine Warrants, weil mit deren Emission keine Bezugsrechte auf neue Titel geschaffen wurden. Im Unterschied zu Listed Options sind sie nicht standardisiert, und ihre Laufzeiten betragen mehrere Jahre.

* Für wertvolle Anregungen danke ich WALTER WASSERFALLEN und CHRISTOPH ZENGER sowie meinen Kollegen der Volkswirtschaftlichen Abteilung der Schweizerischen Bankgesellschaft. Die Arbeit hätte nicht entstehen können ohne die grosszügige Unterstützung von PETER BUOMBERGER und WERNER REIN.

Beide Merkmale beeinflussen das Preisverhalten von Warrants in Abweichung von normalen Optionen. Die Ausübung eines Warrants führt zu einer Erhöhung und demzufolge zu einer Verwässerung des Beteiligungskapitals, weil ein Warrant nur ausgeübt wird, wenn der in die Unternehmung einzubringende Bezugspreis unter dem Kurs des Beteiligungspapiers liegt. Die langen Laufzeiten von Warrants haben bei sonst gleichen Umständen einen positiven Einfluss auf deren Preis. Es ist aber fraglich, ob die Erwartungsbildung über die Kursentwicklung bei Zeithorizonten von mehreren Jahren nach ähnlichen Mustern erfolgt wie bei Zeithorizonten von einigen Monaten.

Die vorliegende Arbeit geht deshalb vor allem auf den Zusammenhang zwischen der Laufzeit und dem Kurs von Optionsscheinen ein. Anhand von Schweizerfranken-Warrants wird untersucht, ob die Restlaufzeiten in den entsprechenden Preisen adäquat zum Ausdruck kommen. Die Analyse deutet auf systematische Abweichungen zwischen den Preisen von Schweizerfranken-Warrants und dem theoretischen Preis nach der Formel von BLACK und SHOLES (1973) hin. Warrants mit langen Restlaufzeiten scheinen im Vergleich zu solchen mit kurzen Restlaufzeiten systematisch unterbewertet zu sein.

2. Bewertung von Optionen und Warrants

BLACK und SHOLES (1973) haben erstmals eine Formel zur Berechnung des Optionspreises abgeleitet (B&S-Formel). Sie gehen dazu von mehreren Annahmen aus: effiziente Kapitalmärkte, keine Ausübung der Option vor dem Verfallstermin, keine Auszahlung von Dividen-

den und keine Transaktionskosten². Der Preis einer Call-Option (C) ist danach um so grösser, je

- höher der Aktienpreis (S),
- tiefer der Basispreis (Bezugs-/Strikepreis) (K),
- grösser die Volatilität der Aktie (V),
- länger die Restlaufzeit der Option (T),
- höher der unterstellte Zinssatz (i),
- höher die Dividendenrendite (d)

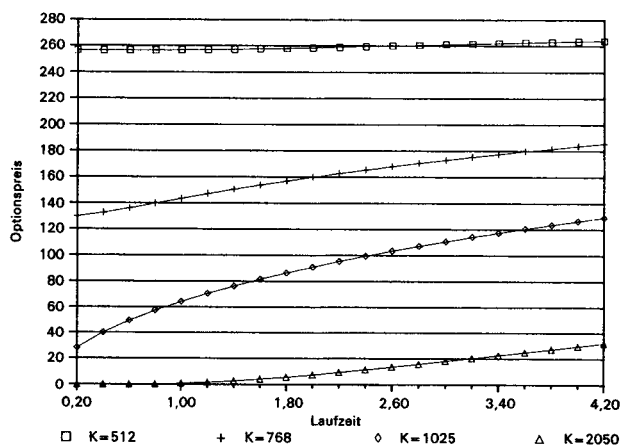
ist und vice versa³.

Bei sonst unveränderten Bedingungen muss der Optionspreis steigen, wenn sich der Aktienkurs erhöht, weil die Option das Recht beinhaltet, die Aktie zum vereinbarten Basispreis zu kaufen. Unter Vernachlässigung von Transaktionskosten entspricht der Optionspreis im Zeitpunkt des Verfalls genau der Differenz zwischen dem Aktienpreis und dem Basispreis. Aus diesen Überlegungen geht auch hervor, dass der Optionspreis bei einem gegebenen Aktienkurs um so grösser sein muss, je kleiner der Basispreis ist: Das Recht, etwas zu kaufen, ist um so mehr wert, je kleiner der im voraus vereinbarte Preis ist.

Ein zentraler Bestimmungsfaktor des Optionspreises ist die *Volatilität* (Standardabweichung der Veränderungsrate des Aktienkurses) der zugrundeliegenden Aktie. Je grösser diese Volatilität ist, um so besser sind die Chancen, mit einer Option Gewinn zu erzielen, und um so höher ist deshalb der Optionspreis. Gegen die Gefahr von Kursverlusten ist der Inhaber einer Call-Option versichert. Im schlimmsten Fall verliert er die Prämie (ursprünglicher Kaufpreis) der Option.

Der Einfluss der *Laufzeit* auf den Optionspreis ist ähnlich wie derjenige der Volatilität. Je länger die Laufzeit einer Option ist, um so grösser ist die Chance, dass der Aktienkurs bei gegebener Volatilität stark ansteigt. Wie bei den übrigen Einflussfaktoren können auch bei der Laufzeit die quantitativen Effekte je nach Konstellation der übrigen Merkmale einer Option beträchtlich variieren, weil die B&S-Formel in hohem Masse nichtlinear ist. Grafik 1 zeigt den Zusammenhang zwischen dem theoretischen Optionspreis und der Laufzeit in Abhängigkeit von unterschiedlichen Basispreisen. Danach steigt der Optionspreis mit zunehmender Laufzeit, wenn auch nur unterproportional. Die relative Veränderung des Preises ist jedoch massgeblich vom Verhältnis zwischen dem Basis-

preis (K) und dem Aktienkurs (S) abhängig. Am stärksten reagiert der Optionspreis auf die Laufzeit, wenn die Option «out of the money» ($K > S$) ist. Je stärker die Option «in the money» ($K < S$) ist, um so weniger reagiert der Optionspreis auf eine Veränderung der Laufzeit.

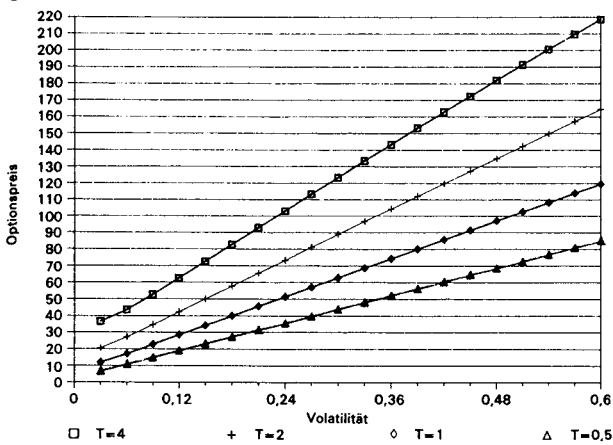


Grafik 1: Laufzeit, Strikepreis und Optionspreis.
Annahmen: $i = 0,04$; $d = 0,02$; $S = 1025$; $V = 0,30$.

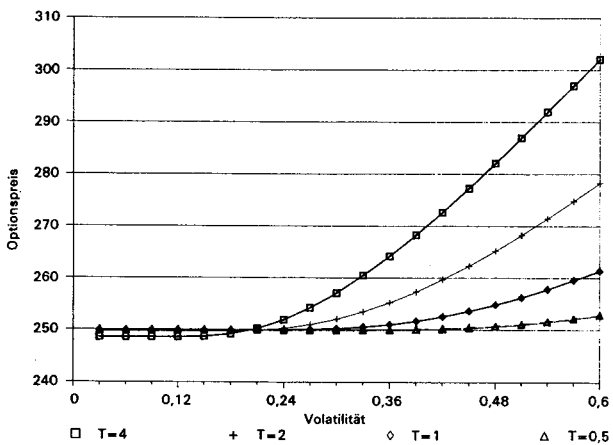
Die im folgenden untersuchten Schweizerfranken-Warrants vom 26. September 1986 (vgl. Anhang II) waren mehrheitlich «in the money». Der mittlere Kurs der Beteiligungspapiere lag um 23% über dem mittleren Basispreis.

Inwieweit der Zusammenhang zwischen der Laufzeit und dem Optionspreis durch die Volatilität beeinflusst wird, zeigen die Grafiken 2 bis 4. Bei einer Option, die «at the money» ($K = S$) ist, steigt der Optionspreis linear zur Volatilität. Eine Verdoppelung der Laufzeit führt in diesem Fall zu einer Verdoppelung des Optionspreises (Grafik 2). Im Falle einer Option, die «in the money» ist, muss die Volatilität zunächst einen bestimmten Schwellenwert überschreiten, bis die Laufzeit als Bestimmungsfaktor zum Tragen kommt (Grafik 3). Ähnlich – allerdings auf einem viel tieferen Niveau – bewegt sich der Preis bei einer Option, die «out of the money» (Grafik 4) ist.

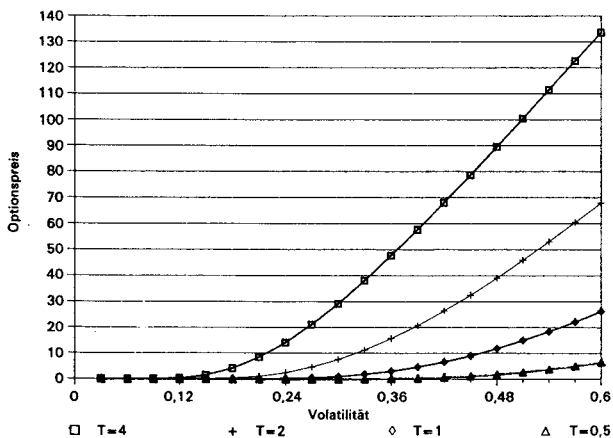
Ein weiterer preisbestimmender Faktor von Optionen ist der *Zinssatz für risikofreie Anlagen*. Beim Kauf einer Option anstelle der entsprechenden Aktie spart der Investor Kapitalkosten, für die ein Zinssatz in Rechnung zu stellen ist. Je grösser dieser Zinssatz ist, um so mehr ist die Option unter sonst gleichen Umständen wert.



Grafik 2: Option «at the money» ($K = S$).
Annahmen: $i = 0,04$; $d = 0,02$; $S = 1000$; $K = 1000$.



Grafik 3: Option «in the money» ($K < S$).
Annahmen: $i = 0,04$; $d = 0,02$; $S = 1000$; $K = 500$.



Grafik 4: Option «out of the money» ($K > S$).
Annahmen: $i = 0,04$; $d = 0,02$; $S = 1000$; $K = 2000$.

Das beschriebene Preisverhalten trifft für normale Optionen unter Vernachlässigung von Dividendenausschüttungen zu. Da die Optionscheine aber Laufzeiten von mehreren Jahren haben, finden während ihrer Laufzeit in der

Regel auch *mehrere Dividendenausschüttungen* statt. Approximativ können Dividendenausschüttungen in der B&S-Formel berücksichtigt werden. Dabei wird bei der hier angewandten Methode der Barwert der erwarteten Dividendenausschüttungen vom Kurswert der Aktie abgezogen. Dividendenausschüttungen erfolgen danach auf Kosten von Kurssteigerungen⁴. Je grösser deshalb die Dividendenrendite ausfällt, um so geringer ist der Optionspreis.

Im Unterschied zu den Listed Options beinhalten Optionsscheine oder Warrants Bezugsrechte für neu bereitgestellte Beteiligungspapire. Es wäre deshalb zusätzlich noch ein *Verwässerungseffekt* zu berücksichtigen, welcher um so ausgeprägter ist, je grösser die Differenz zwischen dem Aktienkurs im Zeitpunkt der Ausübung des Warrants und dem Bezugspreis ist. Im Rahmen der B&S-Formel lässt sich der Verwässerungseffekt auf den Optionspreis aber aus mathematischen Gründen nicht erfassen⁵.

Ein buchhalterisch zwar vorhandener Verwässerungseffekt ist jedoch nicht ohne weiteres mit negativen Auswirkungen auf den Aktienkurs verbunden, wie eine Analyse von LODERER und ZIMMERMANN (1986) zu zeigen vermag. Bei der Untersuchung von Kapitalerhöhungen schweizerischer Gesellschaften stellen sie sogar eine signifikant positive Kursreaktion während der Ankündigungsphase fest. Dieses Ergebnis kontrastiert mit amerikanischen Untersuchungen, bei denen negative Effekte festgestellt wurden.

Auch die weiteren Annahmen des B&S-Modells über den Ausübungszeitpunkt (europäische Option), die Abstraktion von Transaktionskosten und Steuern oder die Konstanz des risikofreien Zinssatzes mögen auf den ersten Blick als unrealistisch erscheinen. Neuere Forschungsergebnisse zeigen jedoch, dass sich das B&S-Modell gegenüber Verletzungen solcher Modellannahmen als relativ robust erweist (GALAI, 1983; SMITH, 1984). Auf die wahrscheinlich strengste und damit auch kritische Annahme, nämlich die statistischen Verteilungseigenschaften des Kursverlaufs der Aktie, ist jedoch noch näher einzugehen.

Gemäss dem B&S-Modell muss der Aktienkurs einem *Random Walk* folgen, d. h. die prozentualen Veränderungen des Kurses sollten im zeitlichen Verlauf voneinander unabhängig sein und derselben Verteilung angehören. VOCK und ZIMMERMANN (1984) haben die Verteilungseigen-

schaften schweizerischer Aktien eingehend untersucht und kommen zum Ergebnis, dass «sich die meisten Aktienkursentwicklungen durch einen reinen Zufallsprozess (Random Walk) beschreiben lassen», was aber nicht ausschliesst, dass höhere Momente der Verteilung (zum Beispiel die Standardabweichung) im Zeitverlauf nicht konstant sind⁶. Der Unsicherheit über die zeitlichen Verteilungseigenschaften der Aktienkurse (S) ist bei den empirischen Testverfahren in den folgenden Abschnitten deshalb Rechnung zu tragen.

3. Empirische Testverfahren

Der Nachweis von Marktineffizienzen auf Optionsmärkten ist aus mehreren Gründen nur schwer zu erbringen: Die mathematische Struktur der B&S-Formel kann Mängel aufweisen; die Verteilungseigenschaften des Aktienkurses können von den Annahmen des B&S-Modells abweichen; die Preisbildung auf dem Aktienmarkt und auf dem entsprechenden Optionenmarkt findet nicht synchron statt, oder andere bereits erwähnte Annahmen können verletzt sein und zu Abweichungen zwischen dem Marktkurs und dem theoretischen Preis nach B&S führen. Dementsprechend vielfältig und komplex sind die empirischen Testverfahren zur Überprüfung des B&S-Modells. Beim heutigen Erkenntnisstand lassen sich aber dennoch einige zusammenfassende Folgerungen ziehen (GALAI, 1983):

1. Das B&S-Modell stellt in der Regel eine gute Approximation für die Marktkurse von Optionen «at the money» dar.
2. Signifikante Abweichungen zwischen Marktkursen und theoretischen Preisen sind aber bei Optionen, die tief «in» oder «out of the money» sind, festgestellt worden.
3. Alternative Modelle zu demjenigen von B&S haben sich nicht als besser erwiesen.

Die meisten Untersuchungsergebnisse beziehen sich jedoch auf Listed Options und lassen sich deshalb nicht unesehen auf Warrants übertragen.

Für die Analyse des Schweizer Warrant-Marktes wählen wir ein schrittweises Vorgehen. Wir beginnen mit einem «weichen» Test unter Annahmen, die nicht ohne weiteres als gegeben vorausgesetzt werden können, und gehen dann

zu «strengeren» Tests über, welche gemeinsam die Hypothesen der B&S-Formel und die Annahmen über die zeitlichen Verteilungseigenschaften der Aktienkurse überprüfen.

Test a)

Für jede Option wird die implizite Volatilität berechnet. Dabei handelt es sich um die Volatilität, bei jener der B&S-Wert und der Marktkurs der Option übereinstimmen. Sofern der jeweilige Aktienkurs einem Random Walk mit den entsprechenden Verteilungseigenschaften folgt, entspricht die implizite Volatilität der tatsächlich erwarteten Volatilität unter Berücksichtigung aller Faktoren in der B&S-Formel, wie der Restlaufzeit, des risikofreien Zinssatzes und des Bezugs- und Aktienpreises. Unter der Annahme eines effizienten Optionsmarktes sollten zwischen diesen Faktoren und den impliziten Volatilitäten keine systematischen Zusammenhänge mehr bestehen. Höhere implizite Volatilitäten von Optionen mit kurzen Restlaufzeiten könnten beispielsweise durch Hedge-Operationen mit unterschiedlichen Restlaufzeiten wegarbitriert werden: gleichzeitiger Leerverkauf einer «überbewerteten» (= hohe implizite Volatilität) Option mit kurzer Restlaufzeit und Kauf einer unterbewerteten Option mit langer Restlaufzeit.

Test b)

Gegenüber dem Test a) kann eingewendet werden, dass unterschiedliche implizite Volatilitäten bei sonst gleichen Optionsbedingungen aktienspezifisch sind. Die Unterschiede der impliziten Volatilitäten könnten auch auf Abweichungen von den von B&S unterstellten Verteilungseigenschaften der Aktienkursverläufe zurückzuführen sein. Diesem Einwand kann insofern Rechnung getragen werden, als nur die impliziten Volatilitäten von Optionen, welche auf die gleiche Aktie lauten, in Betracht gezogen werden. Test b) geht deshalb nur Unterschieden von impliziten Volatilitäten nach, deren Optionen auf die gleiche Aktie lauten.

Test c)

Unter der Annahme, dass die implizite Volatilität einer Aktie im Zeitablauf konstant ist, müssen Optionen, die auf die gleiche Aktie lauten,

auch dieselbe Volatilität aufweisen. Wenn nun aber der Aktienkurs keinem Random Walk folgt, ist auch die Konstanz der Volatilität nicht gewährleistet. Insbesondere besteht die Möglichkeit, dass die erwartete tatsächliche Volatilität von der Laufzeit der Option abhängig ist. Test c) lässt deshalb gleichzeitig die Möglichkeiten offen, dass die mathematische Struktur der B&S-Formel Mängel aufweist und dass die erwartete Volatilität der Aktie nicht konstant ist.

Für diesen «strengen» Test werden die impliziten Volatilitäten für jede einzelne Option ermittelt. Diese impliziten Volatilitäten dienen zu einem späteren Zeitpunkt der Berechnung des theoretischen Optionspreises, der mit dem tatsächlichen Optionskurs zu diesem späteren Zeitpunkt verglichen werden kann. Eine Systematik zwischen diesen Prognosefehlern und der Restlaufzeit oder anderen Merkmalen der Optionen würde das B&S-Modell widerlegen.

4. Empirische Analyse von Schweizerfranken-Warrants

Die im vorangegangenen Abschnitt umrissenen Testverfahren werden nun auf Schweizerfranken-Warrants angewendet. Wir analysieren dazu die Preise verschiedener Optionsscheine vom 26. September und vom 12. Dezember 1986. Das Portfolio vom 26. September ist im Anhang II mit allen für die Analyse notwendigen Informationen wiedergegeben. Bis auf wenige Optionsscheine, welche in der Zeitspanne vom 26. September bis zum 12. Dezember fällig wurden oder neu hinzugekommen sind, enthalten die beiden Portfolios dieselben Titel. Die Kurse der Optionsscheine und der dazugehörigen Beteiligungspapiere beziehen sich auf denselben Tag. Die Synchronität des Options- und des Aktienmarktes ist aber nur teilweise gegeben. Die nicht permanent gehandelten Aktien werden zum grossen Teil am Morgen, die Optionsscheine dagegen erst am Nachmittag gehandelt.

Die implizite Volatilität bzw. der theoretische Warrant-Preis wird mit einer um den *Einfluss der Dividendenrendite* erweiterten approximativen Optionspreisformel ermittelt⁷. Die Dividendenrendite wird für alle Beteiligungspapiere auf 1,5% angesetzt. Massgebend wäre allerdings die erwartete Dividendenrendite des zugrunde-

liegenden Beteiligungspapiers über die Laufzeit des Warrants. Da aber die Sensibilität des Optionspreises bezüglich der Dividendenrendite nicht sehr ausgeprägt ist, sollte die Annahme einer gleichen Dividendenrendite für alle Optionsscheine keinen starken Einfluss auf die Ergebnisse ausüben.

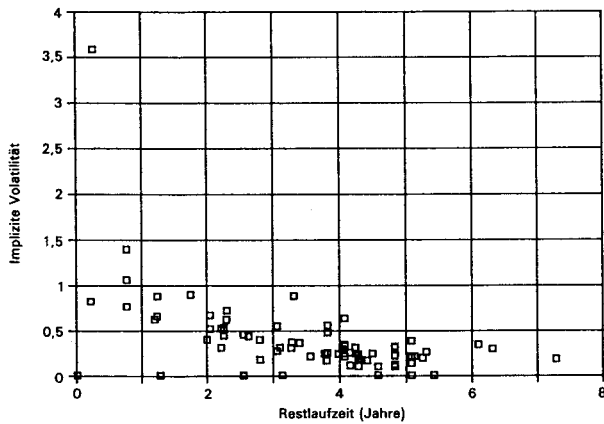
Der risikofreie Zinssatz wird für alle Warrants und für beide Zeitpunkte auf 4,5% festgelegt. Tatsächlich variiert jedoch der Zinssatz mit der Restlaufzeit. Im Falle einer normalen Laufzeitstruktur wären die Zinssätze bei langen Restlaufzeiten höher als bei kurzen. Die Annahme eines einheitlichen risikofreien Zinssatzes für alle Restlaufzeiten führt bei einer positiv geneigten Zinsstrukturkurve (yield curve) zu einer tendenziellen Unterschätzung des Zinssatzes von Warrants mit langen Restlaufzeiten und damit zu einer Unterschätzung ihrer theoretischen Preise. Die Annahme eines konstanten Zinssatzes für alle Restlaufzeiten sollte die Ergebnisse kaum massgeblich beeinflussen, da die Zinssensitivität des Optionspreises relativ gering ist.

Die implizite Volatilität jedes einzelnen Optionsscheines wurde iterativ bestimmt (vgl. Anhang II). Sie entspricht der Volatilität, bei welcher der theoretische Preis nach B&S genau dem Marktkurs entspricht. Bei der Berechnung der impliziten Volatilitäten stellt sich das Problem, dass bei einigen Optionsscheinen der Marktkurs auch bei einer unterstellten Volatilität von annähernd 0 unter dem theoretischen Preis liegt. In einem Fall handelt es sich dabei um einen Optionsschein, der nur vier Tage vor der Ausübungsfrist stand; in den anderen Fällen sind es Optionsscheine mit eher langen Restlaufzeiten. Unter den Annahmen der B&S-Theorie sind solche Optionskurse nicht möglich. Praktisch kann eine solche Preisbildung bei Optionsscheinen jedoch auf Transaktionskosten, einen zu hohen unterstellten risikofreien Zinssatz oder eine zu geringe unterstellte Dividendenrendite zurückzuführen sein. Für unsere Untersuchung wird in diesen Fällen eine implizite Volatilität von 0⁸ unterstellt.

Test a)

In Grafik 5 sind die impliziten Volatilitäten der Optionsscheine vom 26. September 1986 den jeweiligen Restlaufzeiten gegenübergestellt. Dabei ist eine negative Beziehung zu erkennen:

Optionsscheine mit langen Restlaufzeiten haben in der Regel eine kleinere implizite Volatilität und sind – was aber mit den Tests b) und c) weiter unten noch zu überprüfen ist – im Vergleich zu denjenigen mit kurzen Restlaufzeiten unterbewertet.



Grafik 5: Schweizerfranken-Warrants vom 26. Sept. 1986. Annahmen: $i = 0,045$; $d = 0,015$.

Zur systematischen Überprüfung dieser Beziehung wird der Einfluss der Restlaufzeit auf die implizite Volatilität anhand von Regressionsanalysen getestet (vgl. Tabelle 1). Alle Gleichungen erklären die implizite Volatilität der Optionsscheine im Querschnitt der Warrant-Portfolios vom 26. September 1986 (vgl. Anhang II) und vom 12. Dezember 1986. Die Gleichungen (1) und (4) enthalten nur die Restlaufzeit als Erklärungsfaktor der impliziten Volatilität. In beiden Portfolios erweist sich der entsprechende Einfluss als statistisch signifi-

kant. Da die Volatilität aber auch von der Art des zugrundeliegenden Beteiligungspapiers abhängt, werden in den Gleichungen (2) und (5) zusätzlich künstliche (*Dummy*-)Variablen eingeführt. Bei der Dummy-Variable handelt es sich um eine Grösse, die den Wert 1 einnimmt, wenn sich der entsprechende Warrant beispielsweise auf ein Inhaberpapier bezieht. Andernfalls ist sie 0. Diese Gleichungen zeigen, dass die Restlaufzeit auch dann in einem signifikanten Zusammenhang mit der impliziten Volatilität steht, wenn die Art der zugrundeliegenden Beteiligungspapiere kontrolliert wird. Zudem erweist sich der geschätzte Koeffizient für die Restlaufzeit beim Vergleich der beiden Portfolios als stabil.

Mit den Gleichungen (3) und (6) wird zusätzlich die Hypothese getestet, ob und inwieweit die Beziehung zwischen der Restlaufzeit und der impliziten Volatilität Resultat einer Drittbeziehung sein könnte. Ein signifikant negativer Zusammenhang besteht nämlich auch zwischen der Restlaufzeit der Optionsscheine unserer Stichprobe und dem Verhältnis zwischen dem Aktienpreis und dem Strikepreis (S/K)⁹. Mit anderen Worten sind Optionsscheine mit nur noch kurzen Restlaufzeiten in der Regel stärker «in the money» als «jüngere» Optionsscheine mit noch langen Restlaufzeiten. Somit ist nicht ohne weiteres auszuschliessen, dass der Zusammenhang zwischen der Restlaufzeit und der impliziten Volatilität mittelbar über S/K zustande kommt. Die entsprechende «Konkurrenz»-Hypothese müsste danach eine positive Beziehung zwischen S/K und der impliziten Volatilität po-

Tabelle 1: Regressionsergebnisse zur Erklärung der impliziten Volatilität im Querschnitt der Warrants (OLS-Methode)

Portfolio vom	26. September 1986			12. Dezember 1986		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Nr. der Gleichung						
Konstante	0,94*	–	–	0,72*	–	–
Restlaufzeit (T)	–0,15*	–0,15*	–0,13*	–0,12*	–0,12*	0,13*
Inhaber (IH)	–	0,99*	0,78*	–	0,71*	0,79*
Namen (N)	–	0,86*	0,77*	–	0,81*	0,89*
PS (PS)	–	0,87*	0,68*	–	0,70*	0,78*
Stammanteil (SA)	–	0,76*	0,59*	–	0,59*	0,66*
Bezugspreis/Aktienkurs (S/K)	–	–	0,09	–	–	–0,03
R-Quadrat	0,28	0,30	0,31	0,23	0,25	0,25
STD-Fehler	0,38	0,38	0,38	0,32	0,32	0,32
Anzahl Beobachtungen ¹	80	80	80	84	84	84

Mit * gekennzeichnete Koeffizienten sind auf dem 5%-Niveau signifikant.

¹ Das Sample vom 26. September 1986 ist in Anhang II vollständig abgedruckt.

stulieren. Gemäss den Gleichungen (3) und (6) ist diese Hypothese jedoch zu verwerfen. S/K kann neben der Restlaufzeit T als Erklärungsfaktor für die implizite Volatilität nicht bestehen. Die Koeffizienten von (S/K) sind in beiden Gleichungen nicht signifikant, und die Koeffizienten von T erweisen sich als recht stabil.

Die Ergebnisse von Test a) deuten auf eine mögliche Verzerrung der Warrant-Kurse bezüglich ihrer Restlaufzeit hin. Damit ist aber weder die Ineffizienz des Schweizerfranken-Warrant-Marktes nachgewiesen, noch ist das B&S-Modell falsifiziert. Mit dem obigen Testverfahren kann nicht ausgeschlossen werden, dass die berechneten impliziten Volatilitäten Verzerrungen aufweisen. Letztere sind insbesondere dann wahrscheinlich, wenn die Aktienkurse die von B&S angenommenen Verteilungseigenschaften nicht erfüllen.

Test b)

Bei diesem strengeren Test lassen wir deshalb die Möglichkeit offen, dass unterschiedliche Beteiligungspapiere auch anderen statistischen Verteilungseigenschaften im Zeitverlauf folgen. Wir gehen aber von der Annahme aus, dass die tatsächliche Volatilität eines Beteiligungspapiers konstant sei. Unter dieser Bedingung müssten die impliziten Volatilitäten von Optionsscheinen, die auf die gleiche zugrundeliegende Aktie lauten, dieselbe implizite Volatilität aufweisen. Dass aber auch diese Hypothese verletzt zu sein scheint, illustrieren die auf die Namenaktien des Schweizerischen Bankvereins lautenden Optionsscheine (vgl. Anhang II):

Valoren-Nr.	Restlaufzeit (Jahre)	Implizite Volatilität
135 817	0,2	0,83
135 816	1,2	0,66
135 818	2,3	0,54
135 820	3,3	0,38
135 821	5,3	0,27
135 822	6,3	0,30

Die impliziten Volatilitäten der sechs Optionsscheine zeigen einen deutlichen negativen Zusammenhang mit der Restlaufzeit. Für eine repräsentative statistische Überprüfung dieser Beziehung stellt sich jedoch das Problem, dass für viele Beteiligungspapiere nur ein Optionsschein vorhanden ist. Diesem Umstand muss der statistische Hypothesentest Rechnung tra-

gen. Die in Tabelle 2 ausgewiesenen Ergebnisse stützen sich deshalb auf reduzierte Portfolios, in denen nur noch solche Warrants enthalten sind, von denen mindestens jeweils zwei auf dasselbe Beteiligungspapier lauten. Die Analyse der Beziehung zwischen den impliziten Volatilitäten und den Restlaufzeiten wird dabei mittels Dummy-Variablen auf Optionsscheine beschränkt, die auf dasselbe Beteiligungspapier lauten. Für jede zugrundeliegende Aktie wird eine Dummy-Variable konstruiert, die im Falle des Vorliegens der entsprechenden Aktie 1 und sonst 0 ist.

Die Gleichungen (1) und (3) deuten auch bei dieser reduzierten Stichprobe den bekannten signifikant negativen Einfluss der Restlaufzeit auf die impliziten Volatilitäten an. Durch die Einführung der Dummy-Variablen in den Gleichungen (2) und (4) wird ein allfälliger titelspezifischer Einfluss abgefangen. Die Koeffizienten der Restlaufzeiten bleiben dabei signifikant, und sie sind auch recht stabil. Die Ergebnisse zeigen deshalb, dass der signifikant negative Zusammenhang zwischen der Restlaufzeit und der impliziten Volatilität auch bei einer Isolierung des Einflusses der Unternehmung bzw.

Tabelle 2: Regressionsergebnisse zur Erklärung der impliziten Volatilität im Querschnitt der Warrants (OLS-Methode)

Portfolio vom	26. Sept. 1986		12. Dez. 1986	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Nr. der Gleichung				
Konstante	0,70*	–	0,90*	–
Restlaufzeit (T)	–0,09*	–0,08*	–0,13*	–0,11*
Dummies für zugrundeliegendes Beteiligungspapier				
1 Basler Vers. (PS)	–	0,49*	–	0,66*
2 Oerlikon-Bührle (PS)	–	0,68*	–	0,86*
3 Elektrowatt (PS)	–	0,59*	–	0,83*
4 Georg Fischer (PS)	–	0,58*	–	0,70*
5 Gotthard Bank (PS)	–	0,45*	–	0,73*
6 KB Jura	–	0,51*	–	0,71*
7 SBG (Namen)	–	0,71*	–	0,93*
8 SBV (Namen)	–	0,59*	–	0,84*
9 SKA (Namen)	–	0,93*	–	1,20*
10 SKA (Inhaber)	–	0,89*	–	1,02*
11 Sulzer (PS)	–	0,52*	–	0,73*
12 SVB (SA)	–	0,42*	–	0,63*
13 Zellweger (PS)	–	0,75*	–	0,87*
R-Quadrat	0,34	0,66	0,60	0,85
STD-Fehler	0,22	0,20	0,18	0,14
Freiheitsgrad	31	19	31	19

Mit * gekennzeichnete Koeffizienten sind auf dem 5%-Niveau signifikant.

des Titels vorhanden ist: Auch auf dasselbe zugrundeliegende Beteiligungspapier lautende Optionsscheine mit langen Restlaufzeiten sind im Verhältnis zu solchen mit kurzen Restlaufzeiten unterbewertet.

Dieser Test deutet auf einen bedeutsamen kursverzerrenden Einfluss der Restlaufzeit bei den Schweizerfranken-Warrants hin. Die festgestellte Verzerrung weist aber dennoch nicht zwingend auf eine Marktineffizienz oder eine Falsifizierung des B&S-Modells hin. Auch Verletzungen der Random-Walk-Hypothese (bezüglich der Kursentwicklung der zugrundeliegenden Beteiligungspapiere) können Instabilitäten der erwarteten Volatilitäten nach sich ziehen. Unsere Resultate wären mit der Hypothese konsistent, dass die tatsächliche (aber nicht beobachtbare) erwartete Volatilität mit zunehmendem zeitlichem Horizont abnimmt. Meines Wissens sind in der Literatur keine Anhaltspunkte für diese Hypothese zu finden. Evidenz gegen eine solche Hypothese könnte aber ein gemeinsamer Hypothesentest für die B&S-Formel und die Verteilungseigenschaften der Aktienkurse erbringen.

Test c)

Sofern das B&S-Modell «richtig» ist, muss es unverzerrte Prognosen der Optionspreise liefern. Für unseren Test ermitteln wir deshalb die Prognosewerte der Warrant-Preise für das Portfolio vom 12. Dezember 1986. Bis auf die Volatilität sind alle Grössen bekannt, die für diese Berechnung notwendig sind. Als Schätzwerte für die Volatilität setzen wir die impliziten Volatilitäten des «älteren» Portfolios vom 26. September 1986 ein, welche – unter der Annahme der Richtigkeit des B&S-Modells – den tatsächlichen erwarteten Volatilitäten entsprechen. Als Prognosefehler bezeichnen wir die prozentuale Abweichung zwischen dem tatsächlichen Warrant-Kurs vom 12. Dezember 1986 und dem prognostizierten Optionspreis zu diesem Zeitpunkt aufgrund der impliziten Volatilität vom 26. September 1986.

Die Regressionsergebnisse in Tabelle 3 deuten auf keine Systematik zwischen diesen Prognosefehlern und der Restlaufzeit hin¹⁰. Auch der Einfluss des Verhältnisses zwischen dem Aktien- und dem Bezugspreis erwies sich als nicht signifikant. Anhand von Test c) kann deshalb das Optionsmodell von B&S nicht widerlegt werden.

Tabelle 3 Regressionsergebnisse zur Erklärung des prozentualen Prognosefehlers (*tatsächlicher prognostizierter Warrant-Preis am 12. Dezember 1986*)

Nr. der Gleichung	Ganzes Portfolio		Reduziertes Portfolio ¹	
	(1)	(2)	(1)	(2)
Konstante	-0,19	-	-0,27	-
Restlaufzeit (T)	-0,13	-0,16	-0,04	-0,06
Inhaber (IH)	-	-0,61	-	-0,55
Namen (N)	-	0,27	-	0,02
PS (PS)	-	-0,01	-	-0,10
Stammanteil (SA)	-	0,39	-	0,10
R-Quadrat	0,02	0,07	0,00	0,04
STD-Fehler	1,52	1,51	1,22	1,22
Anzahl Beobachtungen	79	79	73	73

Der prognostizierte Warrant-Preis wird mit dem B&S-Modell aufgrund der impliziten Volatilität vom 26. September 1986 ermittelt. Alle Koeffizienten sind nicht signifikant auf dem 5%-Niveau.

¹ Eliminierung der Warrants mit einer impliziten Volatilität von 0.

5. Folgerungen

Das B&S-Modell ist die beste Richtschnur zur Bewertung von Optionen oder Warrants, die uns zurzeit zur Verfügung steht. Teilnehmer an hochentwickelten Optionsmärkten machen deshalb auch ausgiebig Gebrauch von ihr. Bei Warrants (Optionsscheinen) als einer spezifischen Ausprägung von Optionen kommen mit dem Verwässerungseffekt und den langen Laufzeiten aber zusätzliche Imponderabilien hinzu. Diese Arbeit konzentriert sich darauf, Preisverzerrungen von Optionsscheinen als Funktion der Restlaufzeit aufzuzeigen.

Aufgrund unseres strengsten Hypothesentests (Test c) für den Schweizerfranken-Warrant-Markt kann das B&S-Modell nicht verworfen werden. Deshalb besteht kein Anlass zur Annahme, dass die mit dem B&S-Modell ermittelten impliziten Volatilitäten (Test a und b) nicht den vom Markt tatsächlich erwarteten Volatilitäten entsprechen sollten. Die Testresultate a) und b) sind unter diesen Voraussetzungen weniger unter dem Aspekt einer Überprüfung des B&S-Modells, sondern vielmehr unter dem Gesichtspunkt der Effizienz des Schweizerfranken-Warrant-Marktes zu interpretieren. So gesehen deuten die Resultate auf bedeutsame Preisverzerrungen der Optionsscheine hin: Optionsscheine mit langen Restlaufzeiten scheinen im Vergleich zu solchen mit kurzen Restlaufzeiten tiefer bewertet zu sein¹¹. Dieser Befund weist allerdings nicht unbedingt auf eine Marktineffizienz hin.

Inwieweit sich nämlich die festgestellten Verzerrungen durch entsprechende Hedge-Operationen zu sicheren Gewinnen nutzen lassen, hängt auch von den Transaktionskosten solcher Geschäfte ab. Dass diese Kosten aber beträchtlich sind, soll am Beispiel einer Hedge-Möglichkeit aufgezeigt werden, bei der die unterbewerteten Optionsscheine mit langen Restlaufzeiten gekauft und die überbewerteten Optionsscheine mit kurzen Restlaufzeiten auf Termin verkauft werden.

An der Zürcher Börse können Termingeschäfte auf Aktien höchstens auf drei Monate getätigt werden. In einem Jahr müssten demnach mindestens vier Termingeschäfte abgeschlossen werden. Allein die Courtage, die zweimal je Termingeschäft zu entrichten ist, beträgt bei Umsätzen unter 50 000 Franken 1,5%. Weiter kommen noch die Geld-/Brief-Spanne sowie die Stempelsteuer von 0,3% (zweimal) hinzu, die je nach Umsatz und Marktbreite des Titels nochmals in der Grössenordnung von einigen Zehntel bis zu mehreren Prozent ausmachen. Die Courtage kann zwar bei grösseren Umsätzen reduziert werden. Dem steht allerdings ein zusätzlicher Transaktionskostenfaktor gegenüber, nämlich die Beeinflussung des Preises bei grossen Aufträgen. Bei den oft engen Termin- und Warrant-Märkten in der Schweiz können die entsprechenden Kosten Ausmasse annehmen, welche die Einsparungen bei den Courtagesätzen mehr als kompensieren.

Diese Überlegungen machen deutlich, dass die festgestellten Verzerrungen der Warrant-Preise gegenüber den theoretischen Preisen nach B&S sehr ausgeprägt sein müssten, bis sich Hedge-Möglichkeiten mit sicheren Gewinnen ergäben. Auch wenn eine eigentliche Marktineffizienz nicht angezeigt scheint, dürfte sich jedoch in Anbetracht unserer Ergebnisse eine systematische Bevorzugung von Schweizerfranken-Warrants mit langen (Rest-)Laufzeiten für den Anleger trotzdem lohnen.

Anhang I: Die Optionspreisformel nach Black und Scholes

In diesem Anhang wird die um die Dividendenrendite erweiterte Optionspreisformel zunächst in mathematischer Schreibweise und anschliessend in Form des angewandten Computerprogramms dargestellt. Die Optionspreisformel geht auf BLACK und SCHOLES (1973) zurück. Die hier dargestellte Formel unter approximati-

ver Berücksichtigung von Dividendenausschüttungen wurde dem Investment Book (1985) entnommen.

Der Preis einer Call-Option (C) ist

$$C = \text{EXP}(-dT) S N(z_1) - \text{EXP}(-iT) K N(z_2),$$

wobei

$$z_1 = [\ln(S/K) + (i-d + 0,5 V^{**2})T] / \sqrt{T^{**0,5}},$$

und

$$z_2 = z_1 - \sqrt{T^{**0,5}}, \text{ mit}$$

$N(\cdot)$ = kumulative Normalverteilungsfunktion (Approximation mit Hilfe eines Polynoms, das dem untenstehenden Computerprogramm entnommen werden kann)

$\text{EXP}(\cdot)$ = Exponent des natürlichen Logarithmus

$**$ = Potenz

Weitere Symbole vgl. Text

Lotus 123-Programm zur Berechnung des Preises einer Call-Option

Zelle Zelleninhalt

A1: 'Datum
 B1: (D4) @DATE(86,9,26)
 A2: 'ANGABEN ÜBER TITEL:
 A3: 'Optionsfrist
 B3: (D4) @DATE(88,11,30)
 A4: 'Kond. (Warrants je Underlying)
 B4: 4
 A5: 'Strike Price
 B5: 4100
 A6: 'Kurs Underlying
 B6: 5650
 A7: 'Kurs Warrant
 B7: (F0) 610
 A9: 'ANNAHMEN ZUR BEWERTUNG DES WARRANTS:
 A10: (F2) 'Zinssatz (riskfree)
 B10: 0.045
 A11: (F2) 'Volatilität
 B11: 0.311
 A12: 'Dividendenrendite
 B12: 0.015
 A14: 'BERECHNUNGEN:
 A16: (F2) 'Kurs Warrant (theoretisch)
 B16: (F2) (B28*B42*@EXP(-B33*B30)-@EXP(-B31*B30)*B29)*B50)/B4
 A17: 'Über(Unter-)bewertung in %
 B17: (F1) 100*(B7/B16-1)
 A18: 'Prämie in Fr.
 B18: (F0) (B5+B4*B7)-B6
 A19: 'Prämie (% vom UL)
 B19: (F1) 100*((B18/B6))
 A20: 'Prämie (% vom UL p.a.)
 B20: (F1) +B19/((B3-B1)/360)
 A22: 'Delta
 B22: (F2) +B38*@EXP(-B30*B33)
 A23: 'Omega
 B23: (F2) (B6/(B7*B4))*B22
 A26: (F2) 'OPTION PRICING NACH B & S;
 A27: (F2) 'ANNAHMEN
 A28: 'Kurs UL
 B28: +B6

A29: 'Strike	B40: (((1.330274*B38-1.821256)*B38+1.781478)*B38-0.3565638)*B38+0.3193815)
B29: +B5	A41: 'N2
A30: (F2) 'Laufzeit	B41: 1-B39*B38*B40
B30: (F2) (B3-B1)/360	A42: 'IF
A31: (F2) 'Zinssatz	B42: @IF(+B36<0,1-B41,+B41)
B31: +B10	A44: (F2) 'Z2
A32: (F2) 'Volat.	B44: (F4) +B36-B32*B30^0.5
B32: +B11	A45: 'A6
A33: 'Dividendenrendite	B45: @ABS(B44)
B33: +B12	A46: 'T3
A35: (F2) 'HILFSGRÖSSEN	B46: 1/(1+0.2316419*B45)
A36: (F2) 'Z1	A47: 'B1
B36: (F4) (@LN(B28/B29)+((B31-B33)+B32^2/2)*B30)/(B32*B30^(1/2))	B47: 0.3989423*@EXP(-B44*B44/2)
A37: 'A6	A48: 'N1
B37: @ABS(B36)	B48: (((1.330274*B46-1.821256)*B46+1.781478)*B46-0.3565638)*B46+0.3193815)
A38: 'T3	A49: 'N2
B38: 1/(1+0.2316419*B37)	B49: 1-B47*B46*B48
A39: 'B1	A50: 'IF
B39: 0.3989423*@EXP(-B36*B36/2)	B50: @IF(+B44<0,1-B49,+B49)
A40: 'N1	

Anhang II: Schweizerfranken-Warrants vom 26. September 1986

Valor	Titel	Art	Verfall Warrant	Rest-laufzeit (T)	Bezugs-verhältnis	Basis-preis (K)	Kurs (S)	Kurs Warrant (W)	Implizite Volatilität (V _{imp})
130 355	Allg. Aarg.	SA	30. 9.90	4,07	2,00	1750	1630	150	0,218
238 675	BBC	PS	30. 9.88	2,04	0,33	235	298	350	0,526
131 377	BSI A	PS	31.10.89	3,14	1,00	2300	2885	740	0,010
131 378	BSI B	PS	31. 1.92	5,43	1,00	2370	2885	740	0,010
130 723	B. Bär	IH	30. 9.90	4,07	2,00	9520	18800	5100	0,334
131 904	B. Leu	N	15.12.89	3,27	0,50	2385	2840	1825	0,314
131 902	B. Leu	IH	15.12.88	2,25	1,00	3643	3700	1175	0,512
130 773	B. Linth	PS	31. 1.91	4,41	0,10	190	190	365	0,172
147 340	Basler HB	PS	15.12.88	2,25	1,00	450	440	120	0,452
147 338	Basler HB	IH	31. 3.90	3,56	0,10	345	465	1600	0,220
199 733	Basler Vers.	PS	31. 3.89	2,55	5,00	2350	3160	260	0,462
199 732	Basler Vers.	PS	30. 9.91	5,08	1,00	1700	3160	1570	0,010
157 926	ZKW	PS	15.12.90	4,28	0,17	105	110	115	0,108
132 701	Caisse	IH	30.10.90	4,15	1,00	580	590	95	0,118
162 675	Crossair	N	30. 9.90	4,07	1,00	370	440	230	0,639
168 711	EG Lauf	PS	25. 6.90	3,80	0,33	230	225	113	0,172
133 917	EKN	PS	30. 6.89	2,80	0,33	225	260	180	0,184
168 809	Elekt.W.	IH	30. 6.90	3,81	2,00	2666.5	3400	575	0,256
168 804	Elekt.W.	PS	30. 6.91	4,83	1,00	330	300	81	0,316
168 805	Elekt.W.	PS	30. 9.90	4,07	1,00	330	300	80	0,346
158 691	Ems	IH	15. 9.88	2,00	2,00	2259	3780	865	0,405
176 226	Fortuna	PS	31.10.90	4,16	1,00	650	710	200	0,261
177 007	Fuchs	PS	30. 9.91	5,08	0,50	280	300	230	0,388
237 651	Sulzer	PS	16.10.89	3,10	1,00	610	546	110	0,316
237 652	Sulzer	PS	16.10.91	5,13	1,00	620	546	105	0,220
130 935	Gen.Z.Bank	IH	31.12.90	4,33	1,00	990	1080	255	0,178
175 235	Fischer	PS	30. 9.89	3,06	0,14	275	285	470	0,279
175 236	Fischer	PS	30. 9.91	5,08	0,14	280	285	485	0,212
134 031	Gew. Baden	IH	30. 6.91	4,83	3,00	1760	1620	150	0,318
130 525	Gotth. B	PS	30. 9.91	5,08	1,00	670	845	290	0,220
130 523	Gotth. B	PS	15.12.90	4,28	1,00	575	845	330	0,195
189 904	H&Suhner	PS	31.12.89	3,31	1,00	450	690	450	0,887
131 797	Hypo Winth.	IH	30. 9.90	4,07	1,00	1250	1625	570	0,252
193 681	Interdisc.	IH	15. 6.88	1,74	1,00	1079	5450	4400	0,903

Valor	Titel	Art	Verfall Warrant	Rest- laufzeit (T)	Bezugs- verhältnis	Basis- preis (K)	Kurs (S)	Kurs Warrant (W)	Implizite Volatilität (V _{imp})
194 093	I.Shop	IH	31. 3.91	4,58	1,00	509	870	375	0,010
194 064	I.Shop	IH	31. 3.89	2,55	0,50	457	870	840	0,010
194 094	I.Sport	PS	30. 6.91	4,83	0,50	355	335	145	0,226
193 798	Jacobs	PS	31.12.88	2,30	1,00	516	780	420	0,727
131 036	KB Jura	IH	15.12.90	4,28	1,00	500	510	120	0,228
131 037	KB Jura	IH	15.12.90	4,28	1,00	510	510	120	0,240
197 897	KVZ	PS	31.12.87	1,28	0,50	173.5	375	370	0,010
176 032	KKW L	PS	31. 3.91	4,58	0,33	230	230	105	0,105
143 446	Luz. Bank	PS	30. 6.91	4,83	0,50	300	325	140	0,129
211 189	Mövenpick	IH	30.11.87	1,19	1,00	2899	6300	3600	0,629
240 079	Maag	PS	30. 4.89	2,63	1,00	2150	2075	590	0,442
206 074	Globus	PS	31. 1.90	3,40	1,00	770	1510	815	0,370
208 874	Merkur	IH	15.12.90	4,28	1,00	2242	3950	1900	0,237
172 226	Mikron	IH	30. 6.87	0,77	1,00	1318	2750	1520	0,770
213 694	Nestlé	N	30.12.88	2,29	3,00	3500	4190	600	0,627
215 354	Bührle	PS	30.11.90	4,24	1,00	590	520	100	0,250
215 355	Bührle	PS	30.11.93	7,28	1,00	615	520	103	0,188
124 389	Pirelli	PS	28. 2.91	4,49	1,00	371	416	123	0,250
118 485	Rieter	PS	15. 6.90	3,77	1,00	390	450	130	0,249
126 000	SBG	N	30. 9.91	5,08	2,00	1025	1025	186	0,392
136 009	SBG	PS	27.11.90	4,23	1,00	182	218	77	0,314
136 008	SBG	IH	30.11.88	2,21	4,00	4100	5650	610	0,531
136 022	SBG	N	30. 9.88	2,04	1,00	612	1025	550	0,675
136 018	SBG	N	30. 9.86	0,01	1,00	437	1025	585	0,010
135 822	SBV	N	15.12.92	6,31	1,00	440	418	131	0,302
135 820	SBV	N	20.12.89	3,28	0,20	430	418	580	0,375
135 821	SBV	N	20.12.91	5,31	0,20	430	418	570	0,268
135 819	SBV	PS	17. 9.90	4,03	1,00	440	450	125	0,302
135 818	SBV	N	15.12.88	2,25	0,10	316	418	1770	0,540
135 817	SBV	N	15.12.86	0,22	0,10	285	418	1445	0,830
135 816	SBV	N	15.12.87	1,24	0,10	255	418	2000	0,663
133 323	SG Cred.	IH	30.11.91	5,25	1,00	1250	1510	480	0,202
133 052	SKA	N	30. 6.90	3,81	1,00	418	670	370	0,561
133 051	SKA	IH	30. 6.90	3,81	1,00	2224	3650	1930	0,484
133 364	SKA	N	30. 9.92	6,10	1,00	675	670	240	0,348
133 363	SKA	N	30. 9.89	3,06	1,00	403	670	360	0,556
133 362	SKA	N	30. 6.87	0,77	1,00	230	670	460	1,065
133 361	SKA	IH	30. 6.87	0,77	1,00	1150	3650	2710	1,400
132 055	SVB	SA	1.12.88	2,21	1,00	1894	2570	890	0,316
132 056	SVB	SA	31. 8.90	3,99	1,00	1994	2570	880	0,246
131 000	Sol.HB	N	30. 9.91	5,08	3,00	1750	1880	140	0,141
132 723	S&L BE	IH	30. 6.91	4,83	1,00	2300	2650	640	0,105
238 078	Swissair	IH	30.12.86	0,27	1,00	646	1340	1020	3,590
265 074	Zellw.	PS	30. 6.89	2,80	1,00	2015	2425	860	0,405
265 076	Zellw.	PS	30. 6.91	4,83	1,00	2109	2425	875	0,327
265 071	Zellw.	PS	15.12.87	1,24	1,00	700	2425	1770	0,885

V_{imp} = implizite Volatilität der einzelnen Optionsscheine
Vgl. auch Abkürzungsverzeichnis und Text für weitere Erläuterungen
Quelle: Schweizerische Bankgesellschaft

Anmerkungen

- ¹ Eine umfassende Darstellung über Optionen und deren Preisbildung findet sich in COX und RUBINSTEIN (1985).
- ² Für eine rigorose Darstellung der Annahmen vgl. SMITH (1984).
- ³ Die genaue Formel ist in Anhang I wiedergegeben.
- ⁴ Die Optionspreisformel unter Berücksichtigung der Dividendenrendite ist in Anhang I zu finden.
- ⁵ Vgl. COX und RUBINSTEIN (1985), S. 395.
- ⁶ Gewisse Abweichungen von einem reinen Zufallsprozess sind erst im 4. Moment in der Form einer leicht leptokurtischen Verteilung nachweisbar, d.h. im Vergleich zur Normalverteilung sind die Häufigkeiten der Kursveränderungen um den Mittelwert und an den Enden der Verteilung zu hoch.
- ⁷ Die exakte mathematische Formulierung sowie das zur Berechnung verwendete Computerprogramm sind in Anhang I dargestellt.
- ⁸ Tatsächlich beträgt die implizite Volatilität in diesen Fällen 0,01 (vgl. Anhang II). Dieser Wert entspricht der unteren Bandbreite, die aus rechentechnischen Gründen beim Iterationsverfahren zur Bestimmung der impliziten Volatilität unterstellt wurde.
- ⁹ Das Bestimmtheitsmass (R^{*2}) beträgt 0,33, wenn T auf S/K mit einem Absolutglied regressiert wird (Portfolio vom 26. September 1986).
- ¹⁰ Ein konzeptioneller Mangel bei der Durchführung dieses Tests ist in der Zeitspanne von mehreren Monaten zwischen der Ermittlung der impliziten Volatilitäten und der darauf basierenden Prognostizierung der Warrant-Preise zu sehen. Grundsätzlich sollte dieser Zeitabstand möglichst klein sein, damit allfällige Instabilitäten der tatsächlichen Volatilitäten die Ergebnisse nicht verzerren. Angesichts der verhältnismässig langen Restlaufzeiten dürfte aber dieser Mangel nicht schwer wiegen.
- ¹¹ Trägt man den Relativierungen bezüglich der Aussagekraft von Test c) Rechnung, darf bei der Interpretation der Tests a) und b) die Gültigkeit und Zuverlässigkeit des B&S-Modells nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden. So gesehen wäre auch eine alternative Interpretation der Tests a) und b) möglich. Der systematische negative Zusammenhang zwischen der Restlaufzeit und der impliziten Volatilität könnte auch auf eine Variabilität der erwarteten Volatilität in Abhängigkeit von der Restlaufzeit zurückzuführen

sein. Gemäss unseren Ergebnissen nähme die erwartete Volatilität mit zunehmender Restlaufzeit ab. Eine solche Interpretation ist jedoch mit dem B&S-Modell, das von einer Konstanz der Volatilität ausgeht, nicht mehr konsistent.

Literaturverzeichnis

- BIZ (1986), Bank for International Settlements: «Recent Innovations in International Banking». Prepared by a Study Group established by the Central Banks of the Group of Ten Countries.
- BLACK, F., und SCHOLE, M. (1973): «The Pricing of Options and Corporate Liabilities». *Journal of Political Economy* 81, 637–659.
- BOOKSTABER, R. (ed.): *The Complete Investment Book* (1985), Scoft, Foresman & Company, London.
- COX, J.C., und RUBINSTEIN, M. (1985): *Option Markets*. Prentice-Hall, New Jersey.
- GABRIEL, L. (1986): «Preisgestaltung und Beurteilung von schweizerischen Optionsanleihen als Finanzierungsinstrument», *Finanzmarkt und Portfolio Management*, Schweizerische Gesellschaft für Finanzmarktforschung, 1. Jg., Nr. 1, 51–61.
- GALAI, D. (1983): «A Survey of Empirical Tests of Option-Pricing Models», in: BRENNER, M. (ed.): *Option Pricing, Theory and Applications*, Lexington Books, Lexington, Massachusetts, 45–79.
- LODERER, C., und ZIMMERMANN, H. (1986): «Das Aktienpreisverhalten bei Kapitalerhöhungen: Eine Untersuchung schweizerischer Bezugsrechtsemissionen», *Finanzmarkt und Portfolio Management*, Schweizerische Gesellschaft für Finanzmarktforschung, 1. Jg., Nr. 1, 34–50.
- SHARPE, W.F. (1985): *Investments*. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- SMITH, W. (1984): «Applications of Option Pricing Analysis», in: JENSEN und SMITH (eds.): *The Modern Theory of Corporate Finance*, McGraw-Hill, New York.
- VOCK, TH., und ZIMMERMANN, H. (1984): «Risiken und Renditen schweizerischer Aktien», *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik*, 4, 547–576.
- WEGER, G. (1985): «Optionsscheine als Anlagealternative», Wiesbaden, Gabler, 1985.